

实用电源电路设计手册

〔日〕户川治朗 著

何伟仁 译

中国计量出版社

内 容 提 要

本手册原载日本“トランジスタ技術”杂志,是一本集成电路时代各种电源装置的实用设计手册。

内容包括电源技术的基本知识和三端稳压电源,稳压管稳压电源,程控并联稳压器,可变电压电流源,正负跟踪电源,印刷电路板降压、升压及极性转换电源,非绝缘开关电源,AC输入开关电源,DC-DC变换器,不间断电源及高压电源等各种常用电源的设计方法。

本手册的特点是语言精练、内容新颖、精华荟萃、实用性强。

本手册可供业余无线电爱好者、各类电器维修人员、电子技术及仪器仪表等专业的工程技术人员和大专院校相近专业的师生阅读和参考。

電源回路實用設計マニュアル

戸川治朗

トランジスタ技術 1987

实用电源电路设计手册

〔日〕戸川治朗 著

何伟仁 译

责任编辑 刘宝兰 金宝明

—

中国计量出版社出版

北京和平门内大街2号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

—

开本 787×1092/32 印张 7.25 字数 160 千字

1990年7月第1版 1990年7月第1次印刷

印数 1—10 000

ISBN 7-5026-0331 X/TB·273

定价 4.50 元

译 者 的 话

正如作者所说：“电源是电子电路的动力源，常被人誉为电路的心脏”。每一位从事电路工作的人，几乎都要与电源打交道。

由于集成电路技术的飞速发展，很多功能电路都实现了集成化，因而电源的小型化、高效化势在必行。正因如此，美、日等国各公司近年来生产出许多种功能相当强的集成稳压电路。利用这些集成电路，只要外接少数元件，就可构成各类所谓“集成电源”。从而电源设计也从以往的晶体管时代跨入了集成电路时代。

在众多的集成稳压电路中，如何选取适合自己需要的器件，如何计算变压器、散热器及其它元件的参数，设计中应注意哪些问题等都是每一位电源设计者必须掌握的。本手册作者参阅大量有关著作和资料，结合自己的经验，明确及时地回答了这些问题。译者把它翻译出来，奉献给我国的广大读者。

为便于阅读本手册，这里顺便指出三点：

(1) 日本的交流市电电压和我国不同，当遇到电源变压器圈数比及与输入市电有关的元件的耐压值时，读者要注意换成我国的电压。由于手册中的设计方法和计算公式是有效的，做到这一点并不困难。

(2) 手册中各种集成稳压电路是美、日等国常见的，在我国也不难买到。但由于生产厂家不同，有些具体指标可能会有一些差异，使用前应了解清楚，以防用错。

(3) 手册中选用的三极管等一般元件均是日本厂家生产的，可以用我国产品代用。为了节省篇幅，翻译时没有附列代用型号对照表，请读者参阅有关书籍。

由于译者学识水平有限，翻译过程中错误和不当之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

译 者

1988年4月于北京

作 者 序

近年来，生产厂家推出许多种稳压集成电路组件，因而在电源技术方面，就连电子技术工作者似乎也有应接不暇之感觉。

然而，不容置疑，电源电路作为电路的心脏是特别重要的部分，为确保其可靠性，很多电源仍然需要自己动手制作。

正是出于这一原因，本人打算在本手册中从基本技术入手，简明扼要地介绍利用市售稳压集成电路设计电源装置的方法。

户川治朗

目 录

第一章 电源电路技术概要	(1)
第一节 电源装置的种类.....	(1)
第二节 制作电源的元件.....	(6)
第三节 整流电路的构成.....	(9)
第四节 整流二极管的选择方法.....	(13)
第五节 滤波电解电容的选择方法.....	(17)
第二章 三端稳压器实用设计方法	(23)
第一节 78/79 系列三端稳压器.....	(23)
附录 1: 改变三端稳压器输出电压的方法	(29)
附录 2: 增大三端稳压器输出电流的方法	(30)
第二节 低功耗三端稳压器	(31)
附录: 低功耗稳压器 LP 2950/51, LT 1020	(35)
第三节 输出电压可变的三端稳压器	(37)
附录 1: LM 317 家族	(40)
附录 2: 从 0 V 可变的电源	(41)
第四节 电源变压器输出电压确定方法	(42)
第三章 并联稳压器的设计	(47)
第一节 稳压二极管稳压	(47)
附录: 稳压二极管的特性	(50)
第二节 程控并联稳压器 TL 431	(52)
第四章 电压可变型稳压器的设计	(58)
第一节 用 $\mu\text{A} 723$ 作可变电压/电流源	(58)
第二节 正负跟踪型可变电源	(63)
附录: 稳压二极管用法改进	(67)
第五章 散热器的选择方法	(69)

第一节	半导体的损耗	(69)
第二节	散热器的选择方法	(72)
	附录: 散热器的包络体积	(76)
第六章	印制板开关稳压器的设计	(79)
第一节	MAX 610 的使用方法	(79)
第二节	用 MC 34063 作降压变换器	(82)
	附录 1: 开关稳压器输出纹波电压波形	(89)
	附录 2: 三极管的开关特性	(89)
	附录 3: 检测脉动式斩波稳压电源	(91)
第三节	用 MAX 630 作升压变换器	(92)
第四节	用 MAX 634 作极性反转变换器	(98)
	附录: 改善开关速度的方法	(102)
第七章	非绝缘型开关电源的设计	(104)
第一节	用 μ A 78S 40 作多路输出电源	(104)
	附录: 二极管的恢复特性	(115)
第二节	用 STR 2005 作开关电源	(117)
第三节	用 SI 80000 Z 系列作高输出斩波电源	(121)
第四节	用 TL 1451 C 作正负稳压电源	(125)
第八章	交流输入式开关电源的设计	(132)
第一节	简易型 RCC	(132)
第二节	电压可变 RCC	(141)
第三节	RCC 方式多路输出电源	(152)
第四节	正向变换器方式大容量电源	(159)
	附录 1: 初级电容的脉动电流	(170)
	附录 2: 过压保护电路	(171)
	附录 3: 噪声对策	(172)
第九章	DC-DC 变换器的实用设计	(177)
第一节	充电激励式变换器	(177)
第二节	利用洛埃耶电路的交流 100 V 不间断 电源	(180)
第三节	自激共振式 DC-DC 变换器	(193)

第四节	双变压器洛埃耶变换器	(199)
第十章	高压电源的设计	(207)
第一节	高压电源的构成	(208)
第二节	电路设计	(212)
附录	共振式电源	(219)

第一章 电源电路技术概要

电源电路是电子电路的动力源，常被人誉为电路的心脏。本章从基本内容出发，讲述电源电路技术的基本情况。

第一节 电源装置的种类

如图 1.1 所示，所有电子仪器，如果没有动力源的电源部分，是无法工作的。所有电源中，用得最多的是 5 V 和 12 V 直流电源。其中，轻便的便携式仪器多用电池直接供电，其它仪器和设备则由市电变换得到直流。

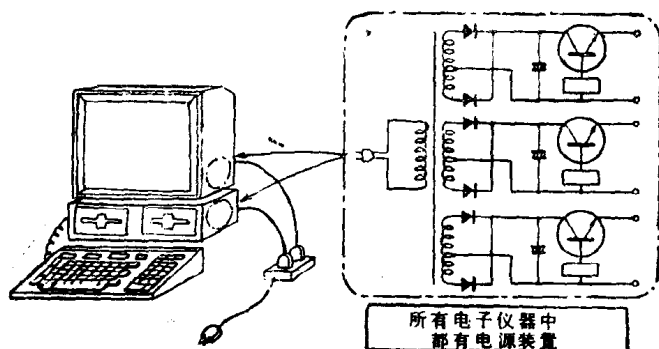


图 1.1 电子仪器和电源

如图 1.2 所示，在采用市电作动力源的仪器中，首先通过变压器把市电电压变成所需电压，然后经整流变成直流再供给仪器使用。但是，仅用这种形式的直流电源时，由于市

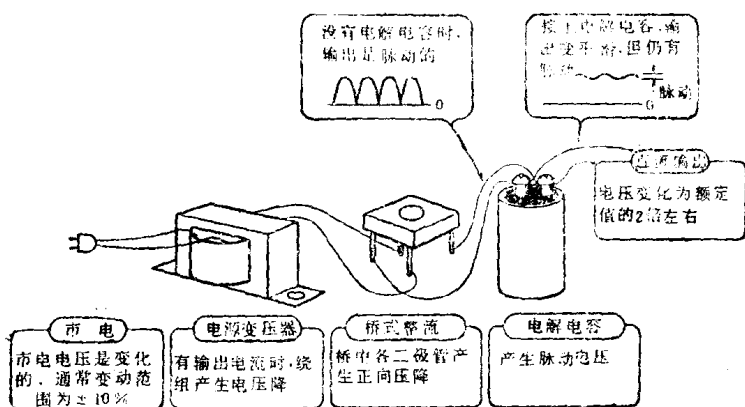


图 1.2 输出电压的变化

电电压变化、变压器和整流二极管管压降等原因, 电源输出电压精度不高, 从而使仪器性能受到限制。因此, 人们想用电子学方法得到输出电压稳定的电源, 这就是稳压电源。

1.1 串联稳压方式

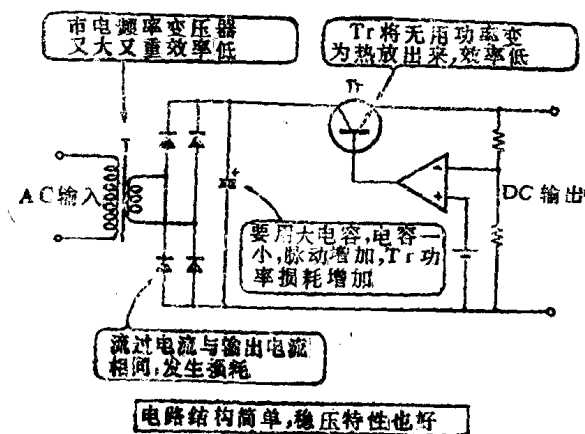


图 1.3 串联稳压器的损耗

目前，制作直流稳压电源时，主要采用串联稳压方式和开关稳压方式两种方法。图 1.3 是串联稳压方式，主要用在电压精度要求较高，功率较小的地方。但当功率大到一定程度，如要求输出功率高于 20 W 时，由于电源部分功耗增加，就不大采用这种方法。这是因为功率损耗全部变成热，为了不超过三极管、二极管等半导体器件的允许使用温度，不得不安装大面积的散热器。例如，在微型计算机等仪器设备用的 5 V 电源中，功率转换效率只有 30% 左右，70% 变成热（图 1.4）。这里顺便说一句，对于 5 V 6 A 的电源，输出功率是 30 W，而损耗却高达 70 W。

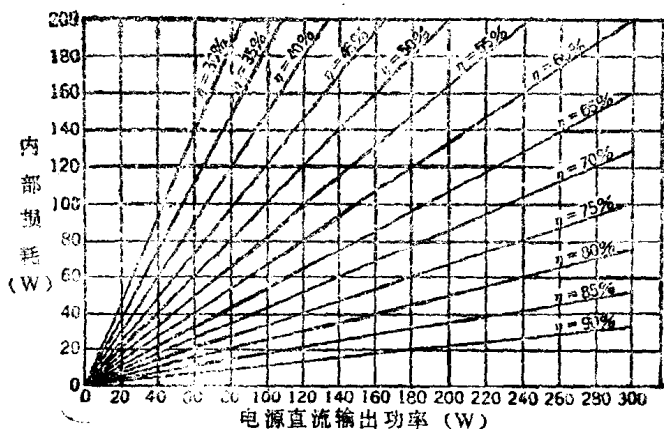


图 1.4 效率与内部损耗

1.2 开关稳压方式

与此相反，在图 1.5 的开关稳压方式中，功率转换效率可达 70% 以上，损耗至多才 12 W。从而减小了所要散热器的面积，这样可大幅度地提高电源小型化的程度。

另外，工作频率越低，电源变压器的体积也就越大。因

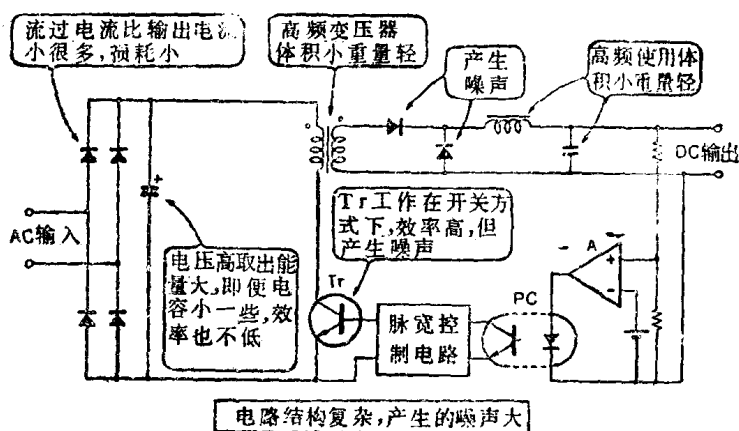


图 1.3 开关稳压器

此, 用市电 50/60 Hz 时, 变压器又重又大。而在开关稳压方式中, 工作频率做到几十 kHz 是很容易的, 从而变压器也变得又轻又小。

但是, 开关稳压器的的工作原理和电路结构均比较复杂, 特别是电路产生的电噪声电平相当高, 故不宜在无线电通讯、测量仪器、医疗仪器等处理微弱信号的设备中使用。

近年来, 由于集成电路 (IC) 技术的发展, 功能相当复杂的电路也实现了单片化。因此, 只要在少数几个管脚上接上外接元件, 就可组装成高效率的开关稳压器。这种 IC 的品种已相当齐全, 几乎面向各种用途。利用这些 IC 制作稳压直流电源, 其中包括输出功率几 W 的电源, 将比用串联稳压器更方便, 更便宜。

但是, 使用方法不当会导致可靠性下降, 还会出现损坏电路元件等事故, 对此, 应引起足够的重视。

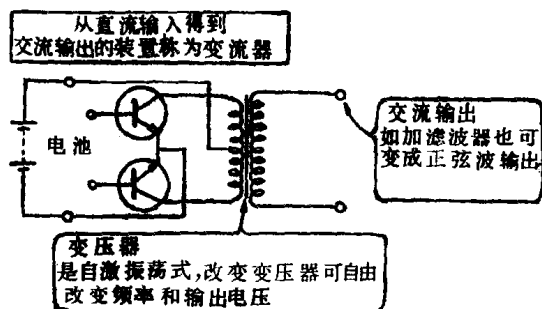


图 1.6 变流器

1.3 变流器

除输出直流的电源装置以外, 还有图 1.6 所示的输出交流电源装置。这种电源装置称作变流器, 主要用在图 1.7 所示的所谓不间断电源中。例如, 停电时微型计算机存贮器的内容就会丢失, 这是令人十分伤脑筋的事。因此, 遇到这种情况时, 必须由机内电池组供电。把变流器、电池、充电器组装在一起, 就是不间断电源。最近, 这种不间断电源的用量越来越大。

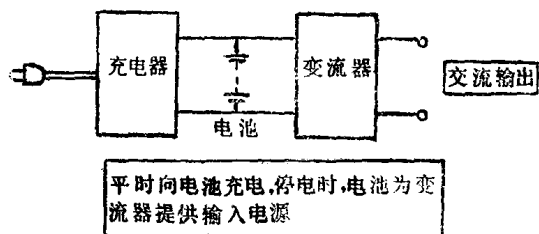


图 1.7 不间断电源

不间断电源的电路结构稍微复杂一些, 但是把充电器和变流器分开考虑, 并不十分困难。至于电池的使用方法, 严

格来讲，并不那么简单，但就简单的充电器而言，一般不会有有多大问题。表 1.1 列出各种电源装置的特征。

表 1.1 各种电源装置的特征

	单位	串 联 稳压器	斩 波 稳压器	RCC	正 向 变换器	中心 抽头	半桥	全桥
效 率	%	35	65	70	75	75	75	75
电压精度	%	±1	±3	±3	±3	±3	±3	±3
重 量		重	重	轻	轻	轻	轻	轻
体 积		大	相当大	小	小	小	小	小
噪 声		无	相当大	大	大	大	大	大
电路结构		简 单	简单	稍简单	复杂	复杂	复杂	最复杂
输出容量	W	~100	~300	~60	~300	~500	~500	100~ 5k
三极管 电 流		大	大	将它定 为 1	1/2	1/4	1/2	1/4
三极管 电 压		输入电压	输入电压	2 倍 输入电压	2 倍 输入电压	2 倍 输入电压	输入 电压	输入 电压
三极管 个 数	个	与输出对应 1~10	1	1	1	2	2	4

第二节 制作电源的元件

电源装置中使用的元器件种类繁多，形状各异，需根据实际装配条件加以选择。尤其在开关稳压方式中，变压器和线圈与半导体元件一样，都是非常重要的元件，使用时要绝对避免超越规定的技术指标。

2.1 二极管桥

如图 1.8 所示，二极管桥由封在管壳内的四只二极管组

成桥路，用作市电频率的电源整流。在特性方面，只要注意，想正向流动电流 I_F 时，要反向加电压 V_R 。对温度特性不需特别注意。二极管桥有很多形状，额定电流 1 A 以下的产品，可直接装在印刷电路板上，工作电流超过 1 A 的，使用时必须加装散热器。

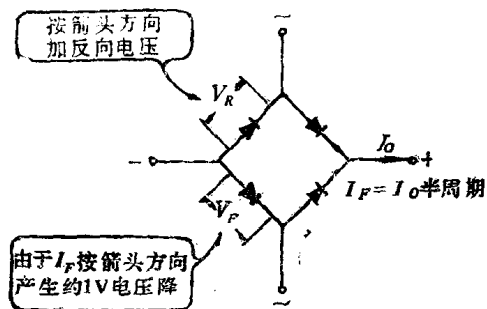


图 1.8 二极管桥

2.2 整流二极管

在电源装置所用的二极管中，最具特色的是高速二极管，这种二极管主要用在开关稳压器中。当耐压要求不高于 40 V 时，使用肖脱基势垒二极管。这种二极管的反向恢复时间 t_{rr} 特别短（见图 1.9），约为 100 ns，正向压降也低，约为 0.55 V，因而是低损耗的。

最近市场上开始出售耐压达 90 V 的产品，一般来说，加压 40 V 以上的电路多使用快速恢复二极管。2 kV 以上的高压二极管，多由几个特性一致的二极管内部串接而成，正向压降高达 10 V 以上。

去掉输入电压瞬间，二极管不能马上关断，仍有反向电流 I_R 流动，这一 I_R 流动的时间称为 t_{rr}

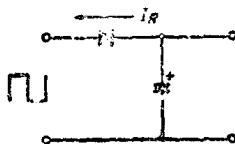


图 1.9 高速二极管

2.3 开关三极管

开关稳压器所用的三极管与普通放大三极管不同。由于

将三极管作开关使用，为减少损耗，要求开(ON)、关(OFF)时的开关特性速度要快(图1.10)。另外，在输入交流100 V的开关稳压器中，集电极-发射极间所加电压超过300 V，因而需要使用 $V_{CEO} = 400\text{ V}$ 的三极管。

最近生产的功率三极管和功率二极管，管壳基本都是树脂封装的，不仅价格便宜，而且也容易安装在散热器上。尤其称作夫鲁巴克(背头——译者)

的整个被树脂覆盖的产品，不用垫绝缘片，就可直接装在散热器上。

2.4 电解电容

电解电容是一种对温度非常敏感的元件。普通电解电容在 85°C 下只能保证1000 h的寿命，使用温度降低 10°C ，寿命可延长一倍，所以最近多采用能耐 105°C 高温的电解电容。

另外，在开关稳压器中，多采用可降低高频输出脉动的低阻电解电容。图1.11是电

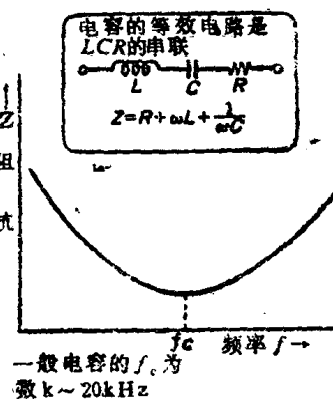


图 1.11 电解电容的阻抗

解电容的阻抗-频率特性，使用时必须使其处在共振频率 f_0 以下。

再有就是电解电容的允许脉动电流，它规定了可流动的最大交流电流，这一点也与寿命有关，所以最好使用能流过较大脉动电流的高脉动电解电容。一般来说，低阻电解电容都是高脉动的，故应选用这类电容。

2.5 变压器和线圈

串联稳压器使用市电频率的电源变压器，这种变压器的铁芯是用铁系金属制造的，称为硅钢片。与此不同，开关稳压器的铁芯是用氧化铁成型烧结成的，称为铁氧体磁芯，形状以 EI 型和环型为主。这种铁芯的缺点是材质较脆，容易破损。

铁氧体磁芯也用于高频整流，以铝为主要材料的压粉磁芯就是一种常用的磁芯。

2.6 其 它

除上述元件之外，电源装置还要使用其它很多种元件，这里不再一一叙述。关于三端稳压器和各种专用 IC 的使用方法，本书后面将分别予以讲述，请读者参阅有关部分。

第三节 整流电路的构成

市电经变压器变压，再由整流电路将交流变成直流。整流电路有多种形式，这里主要介绍其中用得最多的全波整流电路和桥式整流电路。

3.1 全波整流电路

如图 1.12 所示，全波整流电路只需二只整流二极管，代之，电源变压器却要有中心抽头的两组绕组。各绕组的接线应使带“·”的端子为同极性端。于是，正半周二极管 D_1